

### TD3 - Moulage Grille de Parking



mercredi 19 mai 2021

#### U4 ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION / COMPETENCES :

- C01. Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C03. Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C04. Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05. Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...).
- C06. Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

. BO ou Référentiel : **BTS IPM 2005**

### SAVOIRS / Niveau 2 : Expression

#### S7.1 Élaboration des pièces métalliques semi-ouvrées

- Principe physique associé au procédé.
- Principe des outillages.
- Limites et performances (matériaux, formes et précisions réalisables).
- Incidences sur le matériau et sur les procédés de transformations ultérieurs.
- Notion sur les coûts.

*Pour les procédés suivants :*

- moulage en moules non permanents et permanents ;
- déformation plastique : laminage, forgeage, estampage, matriçage, extrusion... ;
- déformation plastique des tôles : pliage, emboutissage... ;
- découpage, découpage fin, oxycoupage, découpage au jet d'eau haute pression, découpage au laser.

- **Déterminer, calculer quelques éléments nécessaires à la conception d'une pièce moulée et à la réalisation d'un moule en sable**

**Objectif Opérationnel**

**Document Professeur**

### TD3 - Moulage Grille de Parking



mercredi 19 mai 2021

- . **SITUATION** : Classe de Première Année de BTS IPM
  - . **PREREQUIS** : - Le moulage en sable, Règles de conception et de tracé
  - . **DONNEES DU PROBLEME, CONDITIONS DE REALISATION** :
    - **DUREE** : 2 Heures + 2 Heures correction
  - . **TRAVAIL DEMANDE** :
    - Analyser la désignation du matériau pièce
    - Décrire le procédé de moulage en sable et déterminer la position du plan de joint
    - Calculer les modules de refroidissement et analyser le refroidissement de la pièce
    - Etudier les différents constituants du moule
    - Organiser la gestion des pièces moulées afin d'optimiser la réalisation des pièces
- Pour aller plus loin
- Contrôle et Suivi du procédé

#### PLAN ET DEROULEMENT DE L'ACTIVITE :

- . **METHODE** :
  - **ACTIVITE** (de Groupe, d'Equipe, Individuelle) : - TD
- . **MOYENS DIDACTIQUES** :
  - **DOCUMENTS** : - Cours + Annexes Conception moule
  - **AUDIO-VISUELS** : - /
  - **AUTRES** : - /
  - **BIBLIOGRAPHIE** : - Sujet Agrégation GM2003
  - **LIENS** : - /

#### EVALUATION DE L'ACTIVITE :

- . Evaluation Formative
- . Evaluation Sommative



### Composition du dossier

- Présentation de l'étude **Doc 1**
- Travail demandé **Doc 2 à 6**
- Dessin d'ensemble grille PR500 **Doc 7**
- Dessin de définition Grille **Doc 8**
- Dessin de définition Cadre **Doc 9**
- Document réponse Détail de la grille **Doc 10**
- Rendu 3D Ensemble/Grille **Doc 11**
- Fragmentation grille en volumes élémentaires **Doc 12**
- Dispositifs à produire/ Description éléments **Doc 13**
- Clichages proposés **Doc 14 à 16**
- Essais de traction et observations **Doc 17**

### Présentation de l'étude

La grille de parking à ressort type **PR500**, est un produit manufacturé constitué de deux pièces métalliques : Une grille et un cadre. La grille ferme le cadre; celui-ci réalise l'interface entre la grille et la chaussée.

La grille doit, tout en conservant une résistance au passage des véhicules, disposer d'une surface d'avalement d'eau caractérisant son efficacité à permettre l'évacuation de cette eau sur la chaussée.

Les documents fournis précisent la définition de l'ensemble grille-cadre réalisé par la société **NORFOND**. Les pièces sont réalisées par un procédé de fonderie en moule non permanent.

Le processus de fabrication de ce produit dans l'entreprise va de la coulée continue au parachèvement en passant par le chantier de moulage.

La production sérielle de ce type de produit, qui appartient à un catalogue de plus de 8000 références est faite par lot renouvelable de 1000 ensembles tous les mois



### 1. Industrialisation des produits

#### 1.1. Analyse et désignation du matériau utilisé

Le dessin définition du produit précise la désignation de la matière : FGS 500-7 suivant ISO 1083-87.

1.1.1. Expliciter la désignation du matériau, indiquer ses caractéristiques mécaniques et justifier son aptitude à l'emploi pour ce type de pièce.

1.1.2. Donner la nouvelle désignation normalisée de ce matériau suivant la norme NF EN 1560 sur les produits de fonderie.

1.1.3. Décrire le procédé sidérurgique d'obtention de ce matériau en précisant les constituants d'origine et les matériels utilisables.

#### 1.2. Procédé de fonderie au sable en moule non permanent

La grille et le châssis sont obtenus par moulage au sable en moule non permanent.

1.2.1. Définir, sur une silhouette de la grille tracée à main levée sur la copie, le plan de joint compte tenu de ses formes et de ses dimensions.

1.2.2. Préciser, les défauts possibles et leurs causes, rencontrés sur les pièces issues de fonderie au sable en moule non permanent.

1.2.3. Rappeler les règles de tracé permettant d'éviter de tels défauts.

1.2.4. Sur la grille, à partir des différentes sections fournies sur le document réponse « Détails de la grille », préciser les sections qui risquent de poser des difficultés pour la bonne santé de la pièce.

#### 1.3. Etude morphologique de la grille et analyse du refroidissement :

La définition volumique de la grille sous forme numérique autorise une fragmentation de la pièce en volumes élémentaires (nommés « Part »). Les fonctions du logiciel modeleur volumique permettent de calculer pour chacun de ces éléments, les volumes et les surfaces. Ces données sont fournies sur le document « Fragmentation de la grille en volumes élémentaires ».

1.3.1. Calculer pour chaque "Part" le module de refroidissement en précisant les hypothèses de calcul.

1.3.2. Déterminer, en se référant aux "Parts", l'ordre de solidification de la pièce en faisant une cartographie rapide de la pièce sur feuille de copie.

1.3.3. Préciser sur cette carte les zones de remplissage de l'empreinte.

1.3.4. Conclure sur l'état de la pièce à la fin du refroidissement.



### 1.4. Etude de moulage de la grille :

L'étude de moulage partielle de la grille est effectuée en tenant compte des impératifs de production de l'entreprise. Celle-ci choisit de ne pas masselotter.

1.4.1. Expliciter la fonction technique réalisée par une masselotte.

1.4.2. En déduire les effets sur le dimensionnement et le tracé de la grille.

1.4.3. Préciser les avantages et les inconvénients de ce choix « technique ».

1.4.4. Décrire la structure d'un système de remplissage d'un moule.

1.4.5. Définir les principales fonctions techniques assurées par le système de remplissage du moule.

1.4.6. Proposer une solution technique pour une séparation aisée du système d'alimentation de sa pièce

1.4.7. Représenter, sur feuille de copie, à main levée, le dessin en coupe (suivant l'axe G-G) de remoulage de la grille seule sans omettre de préciser les éléments nécessaires à la composition du moule.

1.4.8. Après avoir fixé un ordre de grandeur des dimensions des différents éléments du système de remplissage, évaluer la masse de métal nécessaire à la coulée de la grille, sachant que la masse du produit fini est estimée à 21 kg.

### 1.5. Etude d'industrialisation dans le contexte de la fonderie

Principe d'organisation de la production :

Afin d'utiliser en pleine capacité l'outil de production, les châssis de moulage sont de dimensions uniques. Les châssis permettent de mouler plusieurs références. Plusieurs combinaisons des références sont possibles sur un châssis. Cette flexibilité permet à l'entreprise de répondre à la demande de production.

#### Données relatives à la fonderie :

- Fonderie FGS en moulage au sable exclusivement,
- Coulée continue en équipes 24h sur 24h, 300 jours par an,
- 80000 tonnes de produits vendus par an,
- 8000 pièces référencées au catalogue,
- Séries allant de 10 à 3000 pièces,
- Effectif : 400 personnes en production,
- Taille moyenne d'un lot lors d'une campagne : 1000 pièces,
- Moyen de fusion d'une capacité maxi de 24000 kg par heure,
- Cadence de 100 moules par heure,
- Temps de remplissage imposé pour une coulée d'un moule : 19s,
- Capacité maximale de fonte par châssis : 250kg,



- Standardisation des outillages,
- Dimensions des châssis :
  - base carrée de côté : 1350 mm,
  - hauteur du châssis inférieur : 270 mm,
  - hauteur du châssis supérieur : 330 mm.
- Le prix moyen d'un moule (sable, temps d'exécution, amortissement de la plaque modèle) est de 15 €,
- Le prix de la fonte liquide est de 0,30 € au kilo.

L'organisation de la production doit respecter les données d'industrialisation caractéristiques de la fonderie Norfond.

1.5.1. Compte tenu de la capacité de production de l'entreprise, calculer le poids moyen de fonte qui peut être coulée par moule,

1.5.2. Dans la situation de la fabrication limitée à l'ensemble cadre-grille, conclure sur les possibilités d'organisation d'un moule.

Chaque combinaison de pièces réalisées dans un même châssis est appelée « clichage ».

Ces combinaisons ne sont pas toutes connues par avance, elles obéissent aux impératifs des ordres de fabrication.

Il est prévu une campagne de production de 1500 dispositifs A, 1000 dispositifs B et 500 dispositifs C (voir document « Dispositifs à produire » et « description des éléments »). Il est à noter que pour chaque clichage, il est nécessaire d'élaborer une plaque modèle. Cette phase est à considérer dans le temps de préparation de la production.

1.5.3. En sélectionnant parmi les 6 clichages fournis en annexe (qui ne considèrent que les composants des dispositifs présentés et qui sont techniquement réalisables), proposer deux combinaisons de clichages qui définissent un ordre de fabrication répondant à la campagne de production.

Parmi ces combinaisons, choisir celle qui respecte le mieux les objectifs suivants :

- Coût minimum
- En-cours minimum de produits non finis
- Nombre de moules minimum
- Nombre de clichages minimum

1.5.4. Pour la meilleure combinaison :

- Donner la chronologie de la production (N° du clichage et quantité),
- Valoriser le prix de chaque élément par clichage et le prix de revient total par dispositif pour chaque ordre de fabrication après avoir fixé une règle de calcul des coûts.

Les modèles de chaque pièce sont réalisés en alliage d'aluminium par des sous-traitants modeleurs. Le modèle est uniquement la contre forme de la pièce à réaliser. Celui-ci est ensuite installé sur une base de plaque-modèle standard aux dimensions des châssis.



Les sous-traitants reçoivent sous forme de fichiers numériques la définition des pièces issus de modeleur volumique type Solidworks, Topsolid, Pro-Engineer, Catia, Inventor, Unigraphics, ...

1.5.5. Citer au moins deux formats d'échanges de données compatibles avec les modèles volumiques d'un point de vue CFAO.

1.5.6. Indiquer les opérations à effectuer sur la représentation numérique de chaque pièce dans son état fini voulu, pour obtenir les caractéristiques dimensionnelles du modèle de fonderie en vue du moulage.

Etant donné le caractère industriel lié aux cadences de l'entreprise, il est nécessaire d'industrialiser la réalisation des plaques modèles. Il faut donc standardiser le maximum de composants utiles à la définition d'une plaque modèle.

Une plaque modèle est alors un assemblage modulaire constitué des modèles des pièces à produire associés à d'autres composants.

1.5.7. Proposer une nomenclature de composants à réunir pour réaliser une plaque modèle « type » en structurant par fonction chaque famille de composant.

*Rappel : la société se refuse à faire des masselottages.*

1.5.8. A l'aide de schémas ou de croquis, proposer des solutions constructives réalisant les liaisons interfaces entre les différents composants avec la base d'une plaque modèle.



### 2. Démarche d'assurance qualité

#### 2.1. Conformité du produit

La surface d'avalement  $S_a$  est une caractéristique du produit non normalisée, permettant de quantifier l'aptitude du produit à laisser passer le plus grand débit d'eau.

Elle est définie par la différence entre la surface d'ouverture du cadre avec la surface apparente de la grille.

2.1.1. Proposer une démarche permettant de déterminer cette surface sur l'ensemble grille-cadre en phase de conception en utilisant en CAO un modeleur volumique.

2.1.2. Proposer un moyen de contrôle rapide permettant de mesurer cette surface sur le produit fini.

#### 2.2. Maîtrise, mesure et surveillance du procédé et du produit

En sortie de cubilot, toutes les heures, un prélèvement d'éprouvette est effectué. Chaque éprouvette subit une analyse spectrométrique.

2.2.1. Préciser les grandeurs mesurées par cette analyse.

La production de la FGS500-7 est surveillée et pilotée par l'intermédiaire de prélèvements d'éprouvettes au moment de la coulée sur lesquelles on réalise :

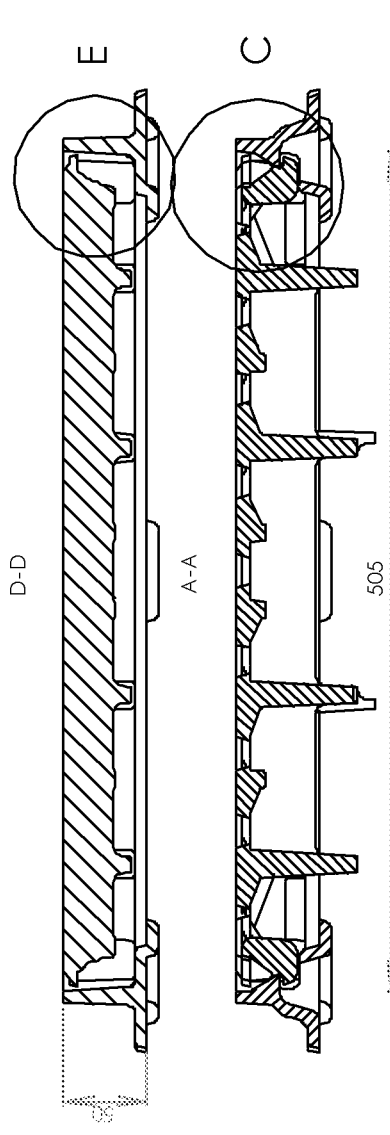
- Une analyse micrographique après polissage et attaque chimique afin de mesurer le taux de graphite sur des éprouvettes.
- Un essai mécanique de traction.

Les dérives constatées permettent d'intervenir sur le procédé par correction des paramètres de production et si nécessaire conduisent à rebuter des pièces produites entre deux prélèvements.

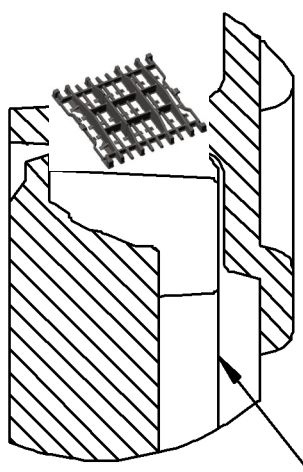
En annexe trois essais de traction et trois observations micrographiques d'éprouvettes extraites de la production.

2.2.2. Analyse et comparaison de trois échantillons prélevés : Indiquer à quel numéro d'échantillon correspond l'essai de traction et la micrographie d'une éprouvette FGS 500-7. Justifier la réponse.

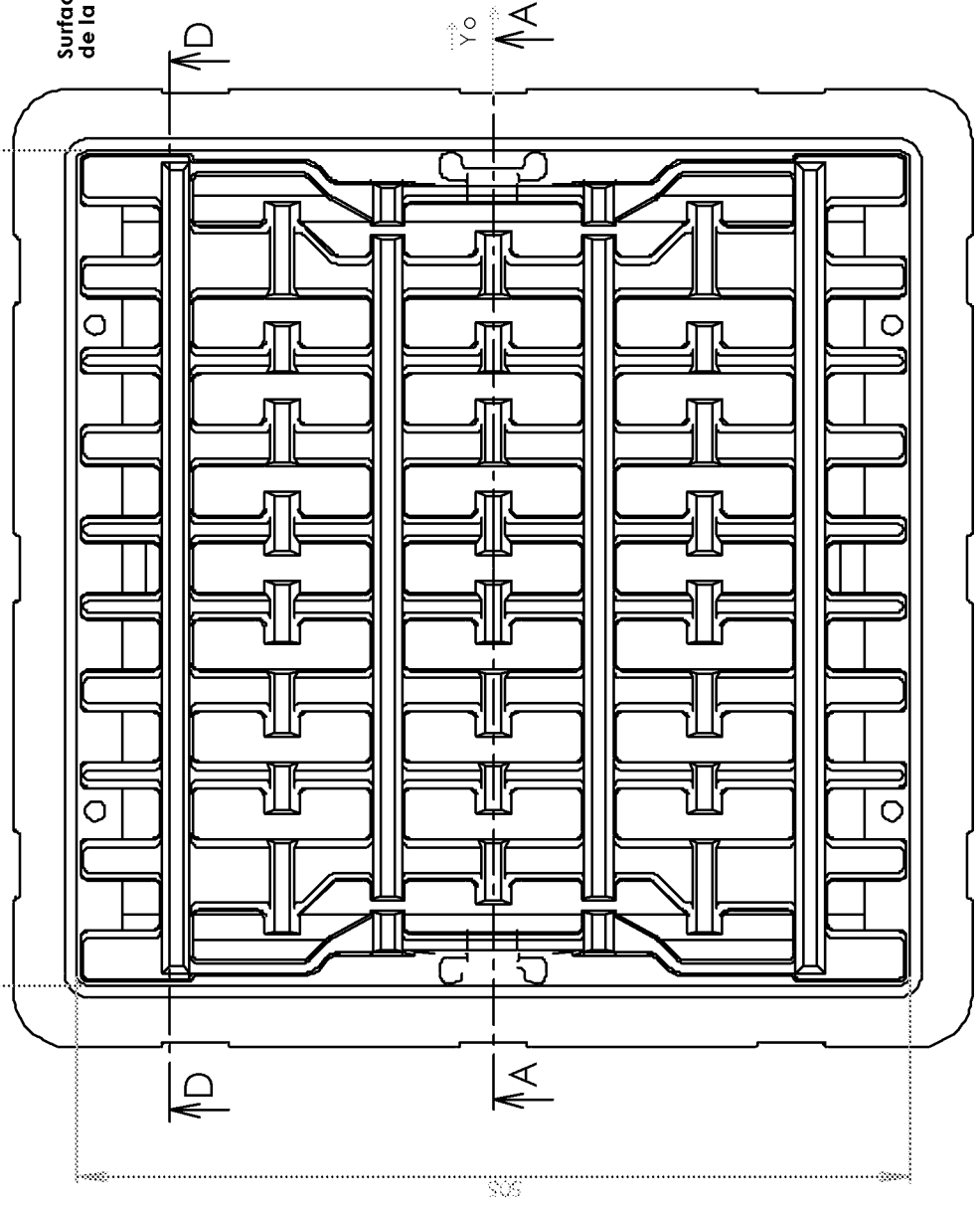




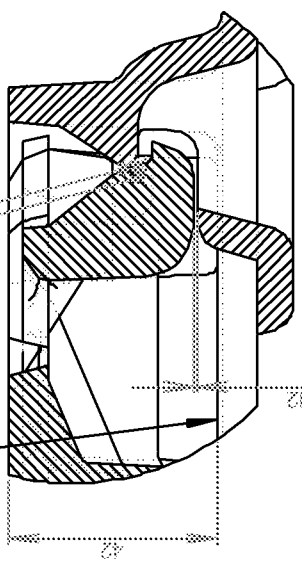
Détail E



Surface d'appui et de contact de la grille sur le cadre



Détail C



Dépuille générale 5%  
 Tolérance générale JS 15  
 Petits rayons non cotés : 2mm  
 Grands rayons non cotés : 5mm

AGREGATION DE GENIE MECANIQUE

Grille de parking à ressort PR 500

**Ensemble PR 500**

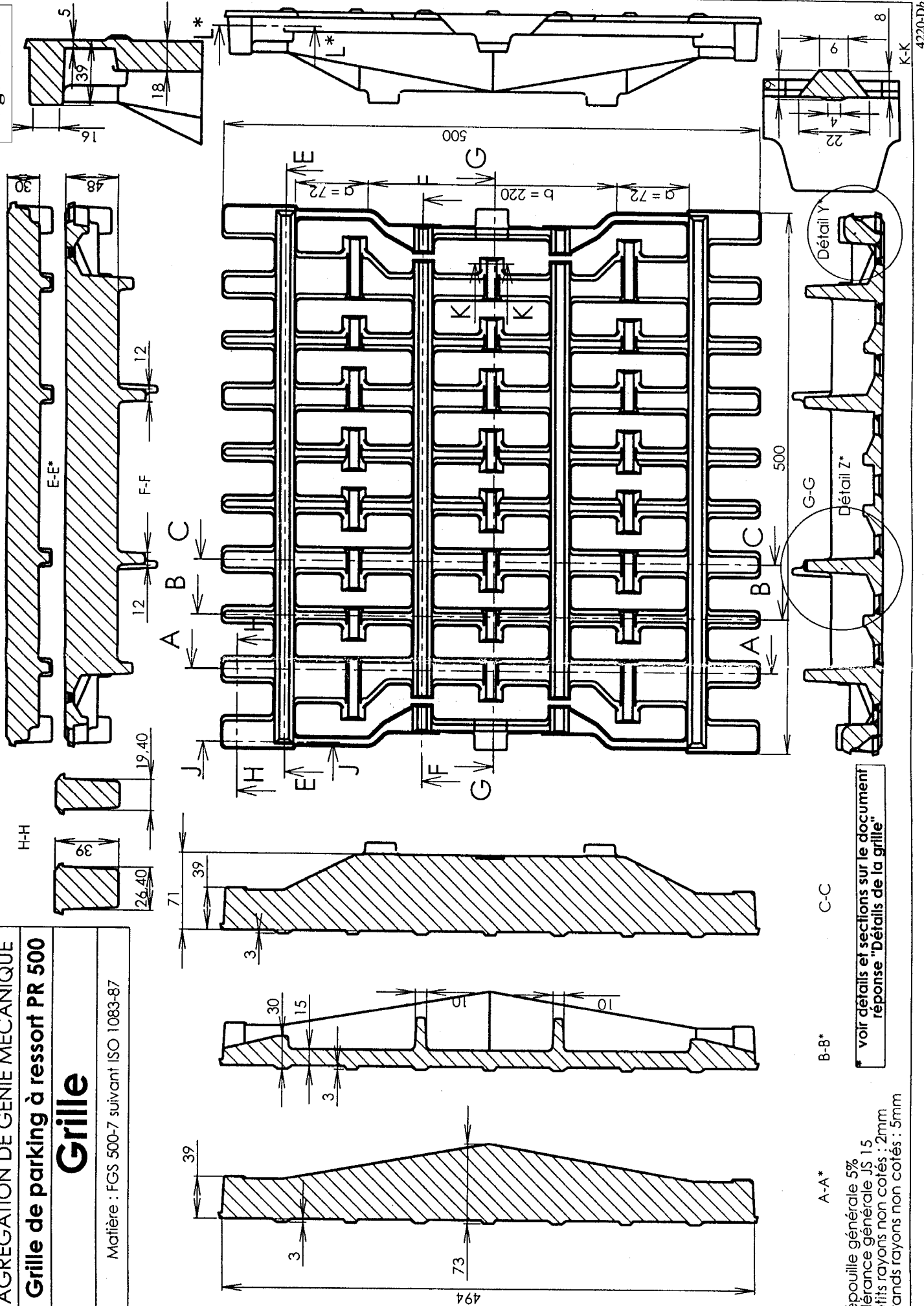
Matériau : FGS 500-7 suivant ISO 1083-87

AGREGATION DE GENIE MECANIQUE

Grille de parking à ressort PR 500

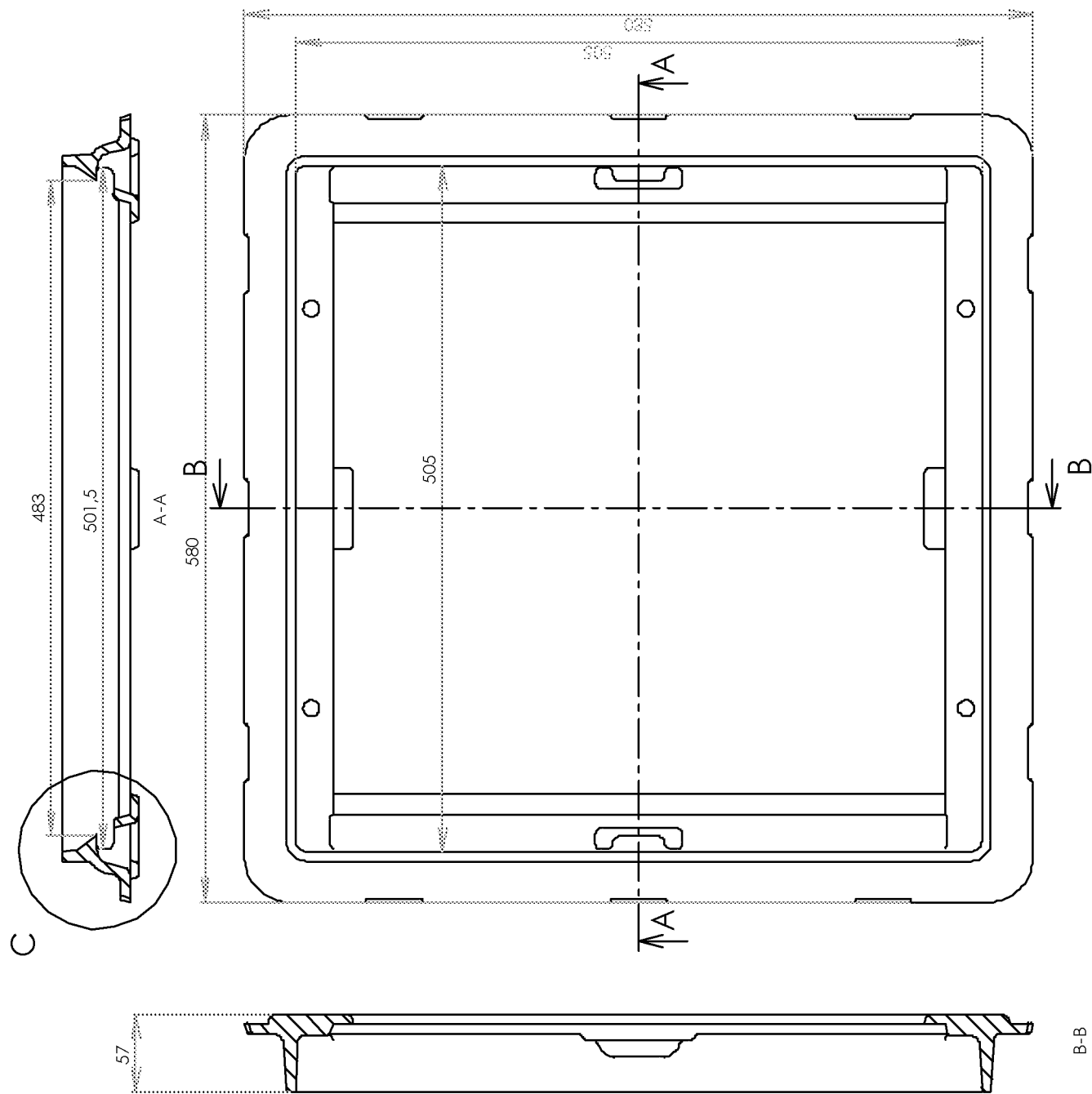
# Grille

Matière : FGS 500-7 suivant ISO 1083-87



A-A\*  
Dépouille générale 5%  
Tolérance générale JS 15  
Petits rayons non cotés : 2mm  
Grands rayons non cotés : 5mm

B-B\*  
C-C  
\* voir détails et sections sur le document réponse "Détails de la grille"



Déouille générale 5%  
Tolérance générale JS 15  
Petits rayons non cotés : 2mm  
Grands rayons non cotés : 5mm

Détail C

AGREGATION DE GENIE MECANIQUE

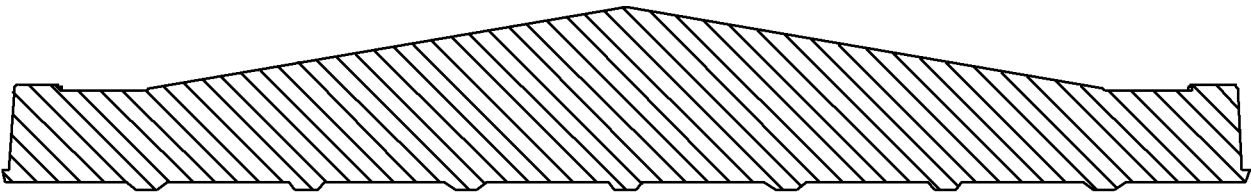
Grille de parking à ressort PR 500

**Cadre**

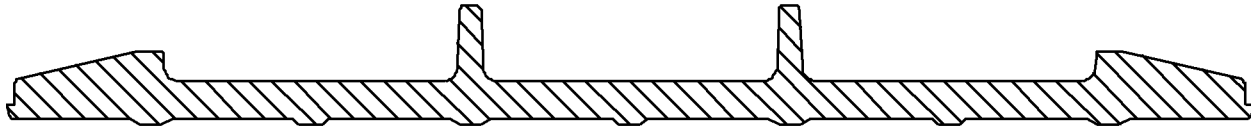
Matière : FGS 500-7 suivant ISO 1083-87

B-B

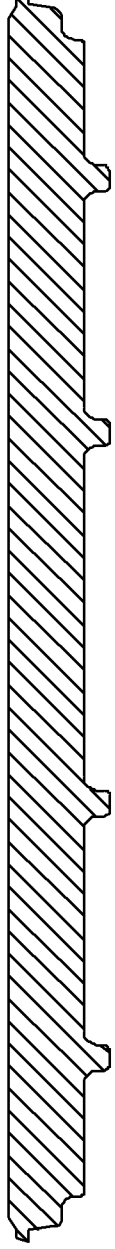
DOCUMENT REPONSE : DETAILS DE LA GRILLE (échelles relatives)



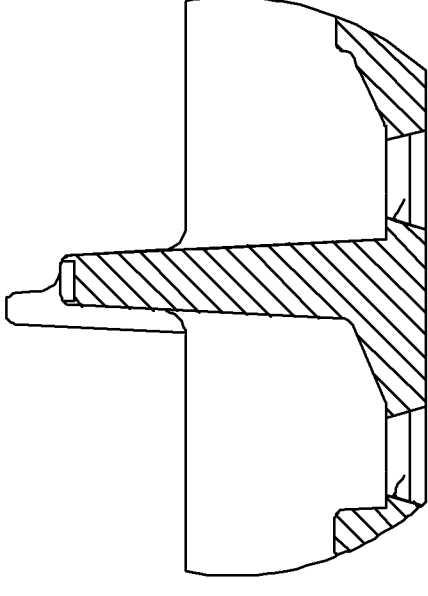
A-A (1 : 2)



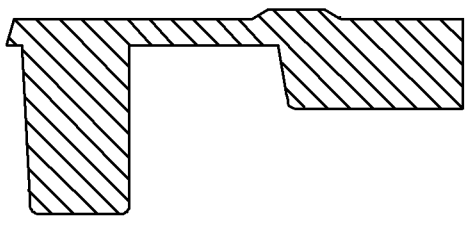
B-B (1 : 2)



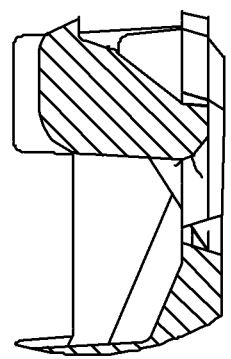
E-E (1 : 2)



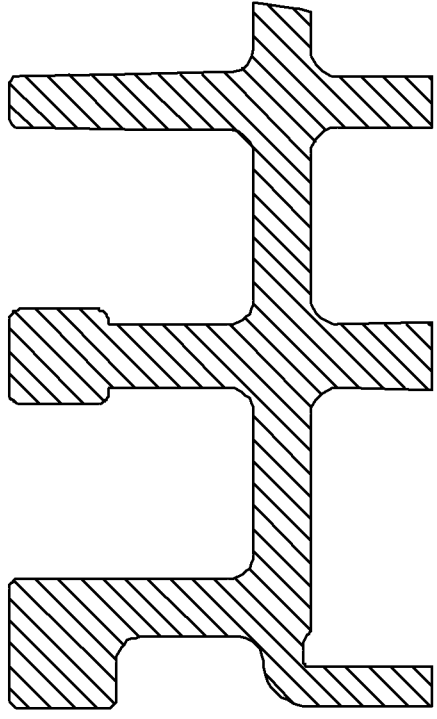
Détail Z (1:1)



J-J(1:1)

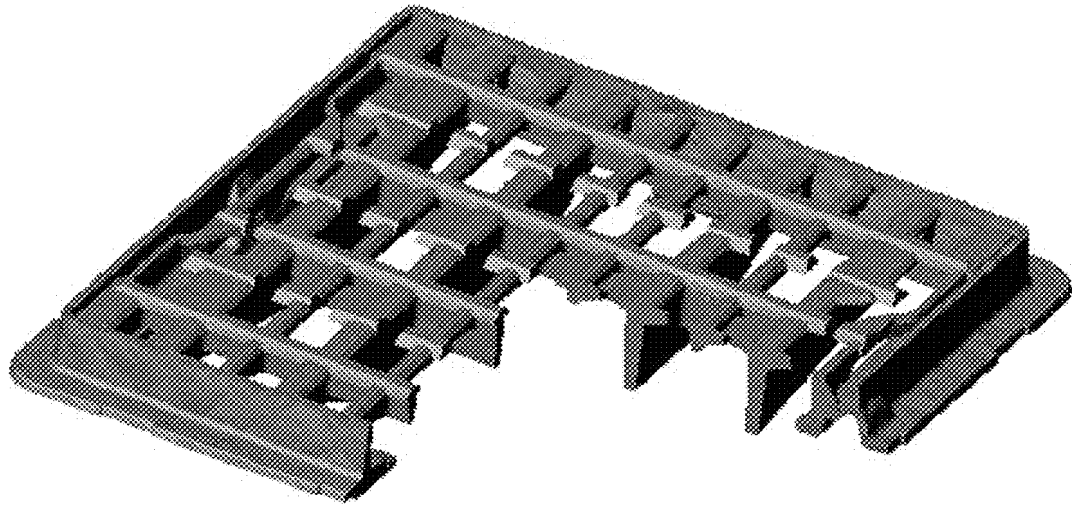


Détail Y (1:1)

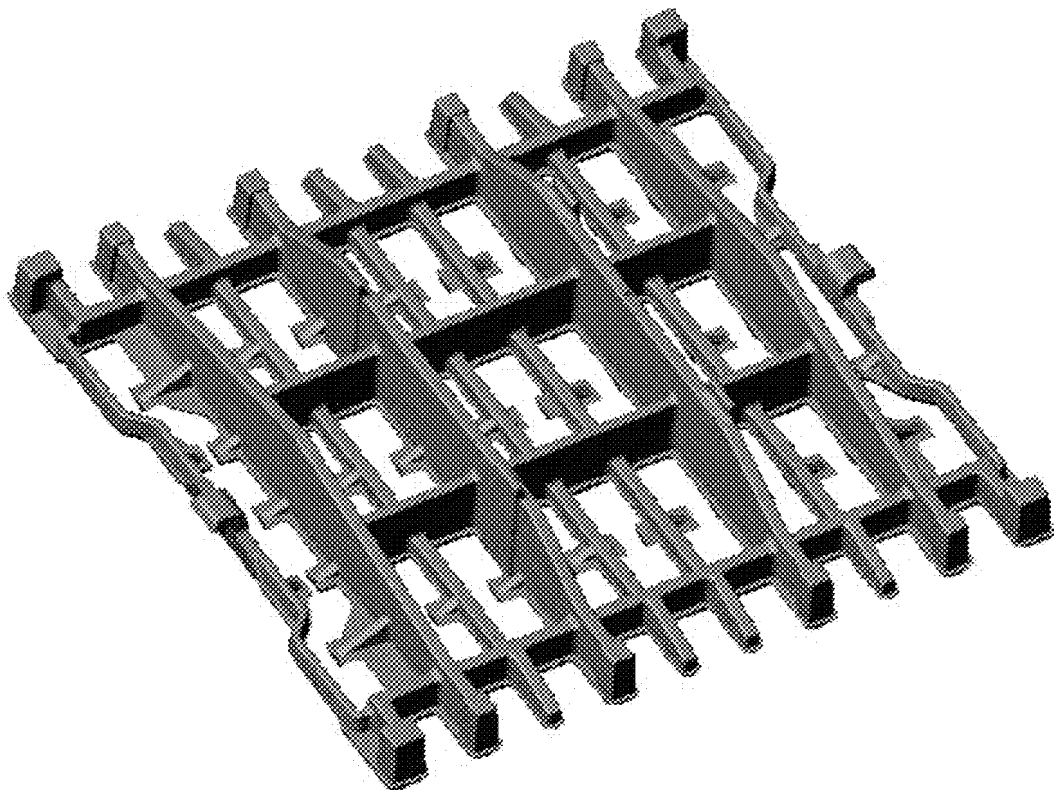


Grossissement de l'extrémité gauche de la section LL(1:1)




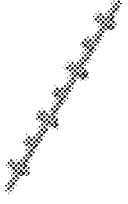



## Rendu réaliste de l'assemblage cadre-grille

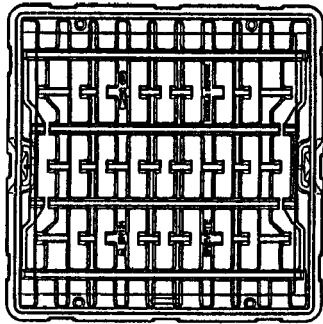


## Rendu réaliste de la grille



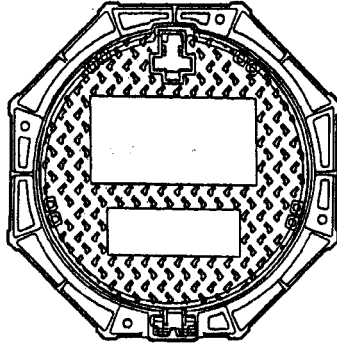
## Fragmentation de la grille en volumes élémentaires

Image	Vue	Volume mm <sup>3</sup>	Surface mm <sup>2</sup>
	Part I <i>Section J-J</i>	41313	9963
	Part II	73395	23376
	Part III <i>Section A-A</i>	408385	87756
	Part IV <i>Section B-B</i>	174351	49005
	Part V <i>Section C-C</i>	506060	97499
	Part VI <i>Section E-E</i>	196199	45080
	Part VII <i>Section F-F</i>	250158	55947



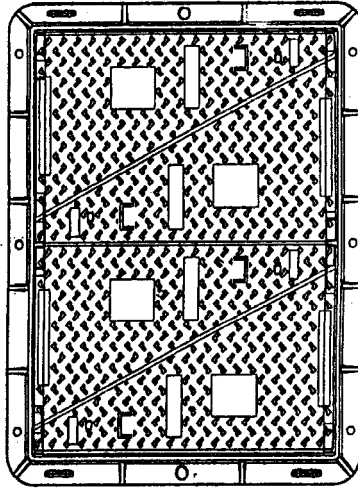
Quantité : 1500

A



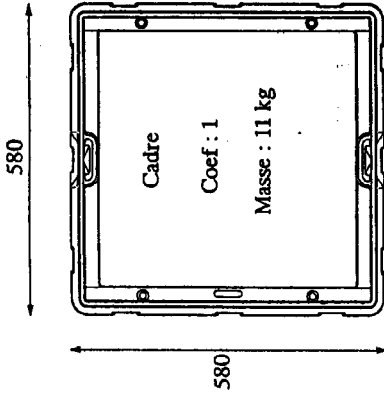
Quantité : 1000

B



Quantité : 500

C



580

580

Cadre

Coef : 1

Masse : 11 kg

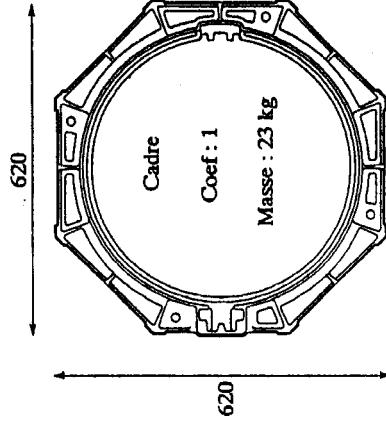
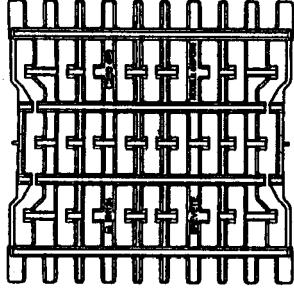
500

500

Grille

Coef : 1

Masse : 21 kg



620

620

Cadre

Coef : 1

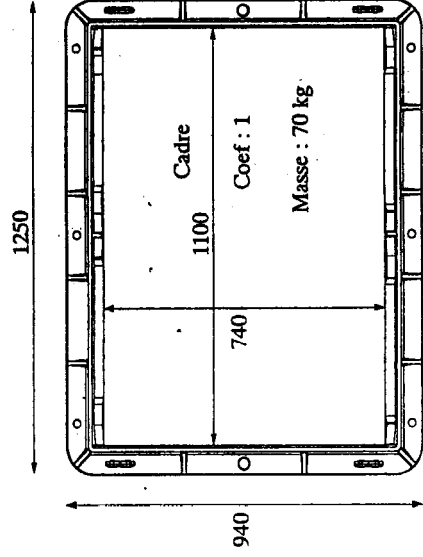
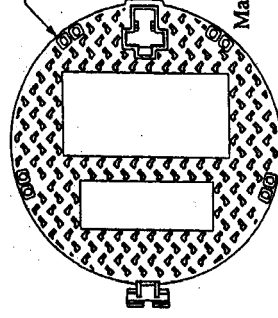
Masse : 23 kg

Ø516

Tampon

Coef : 1

Masse : 25 kg



1250

940

Cadre

Coef : 1

Masse : 70 kg

1100

740

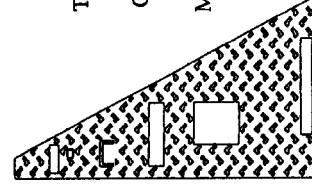
50

800

Tampon

Coef : 4

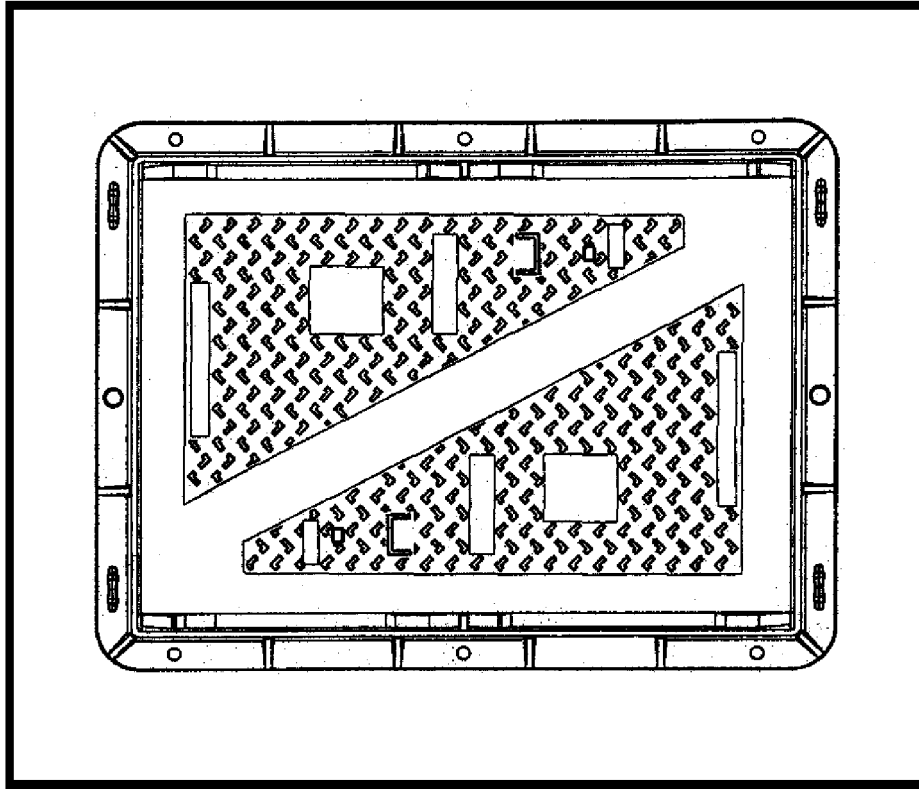
Masse : 45 kg



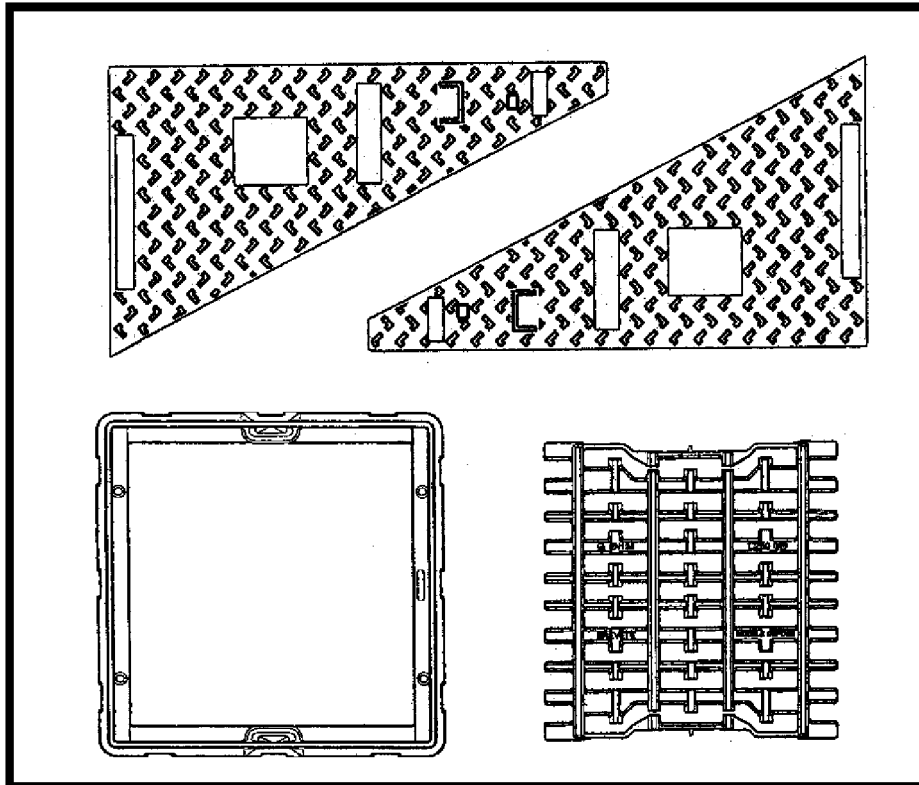
500

# CLICHAGES PROPOSES (1/3)

Clichage 1



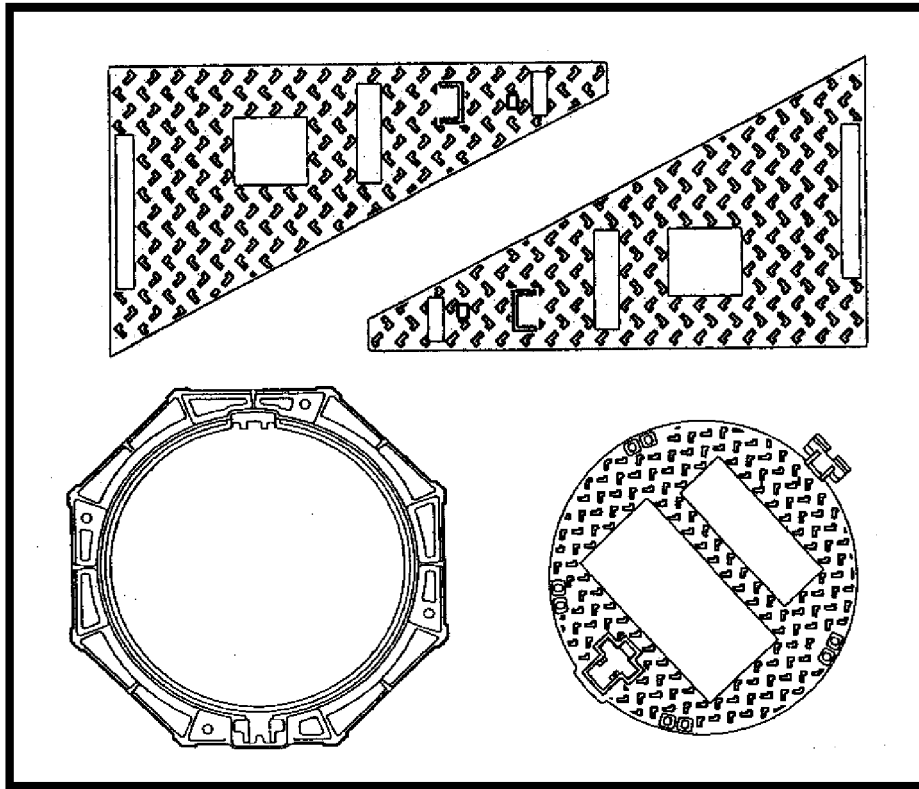
Clichage 2



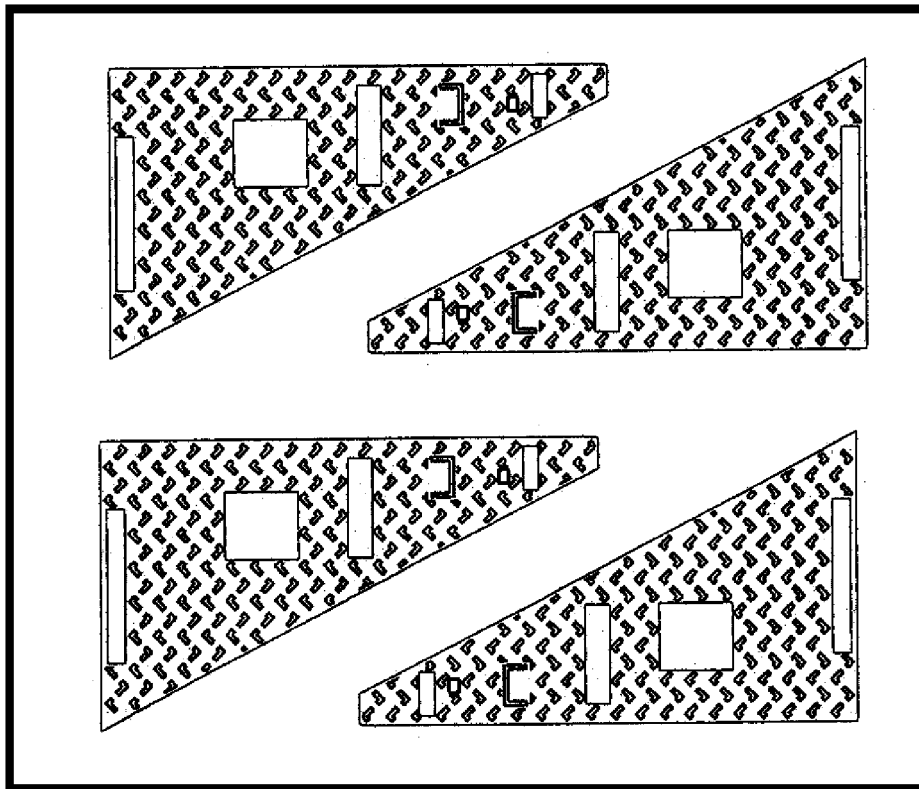


# CLICHAGES PROPOSES (2/3)

Clichage 3

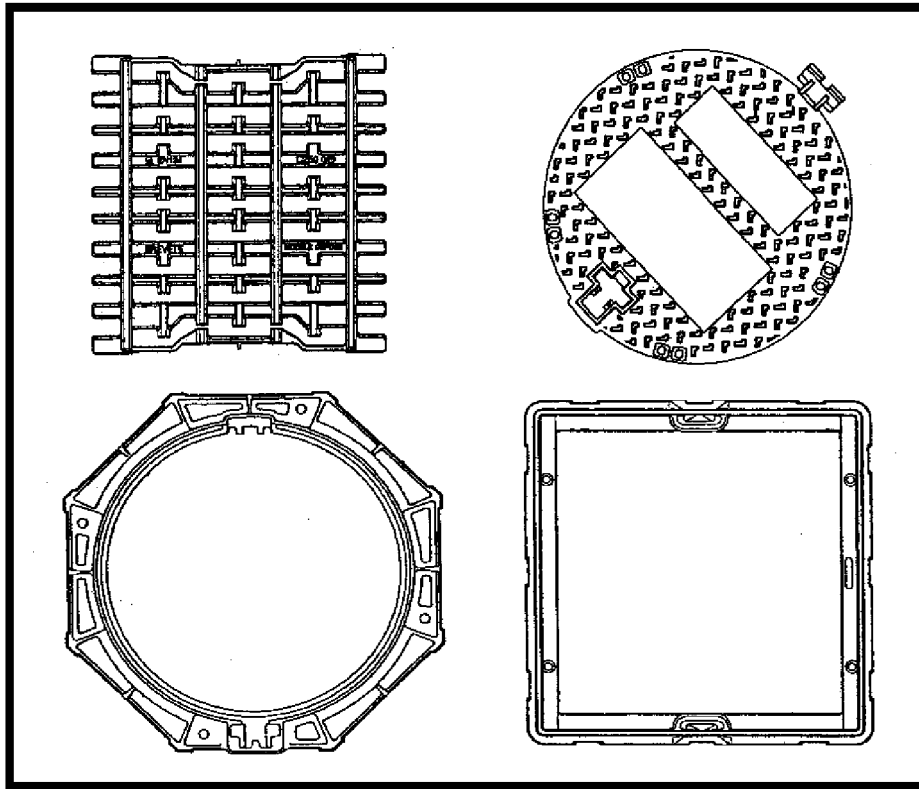


Clichage 4

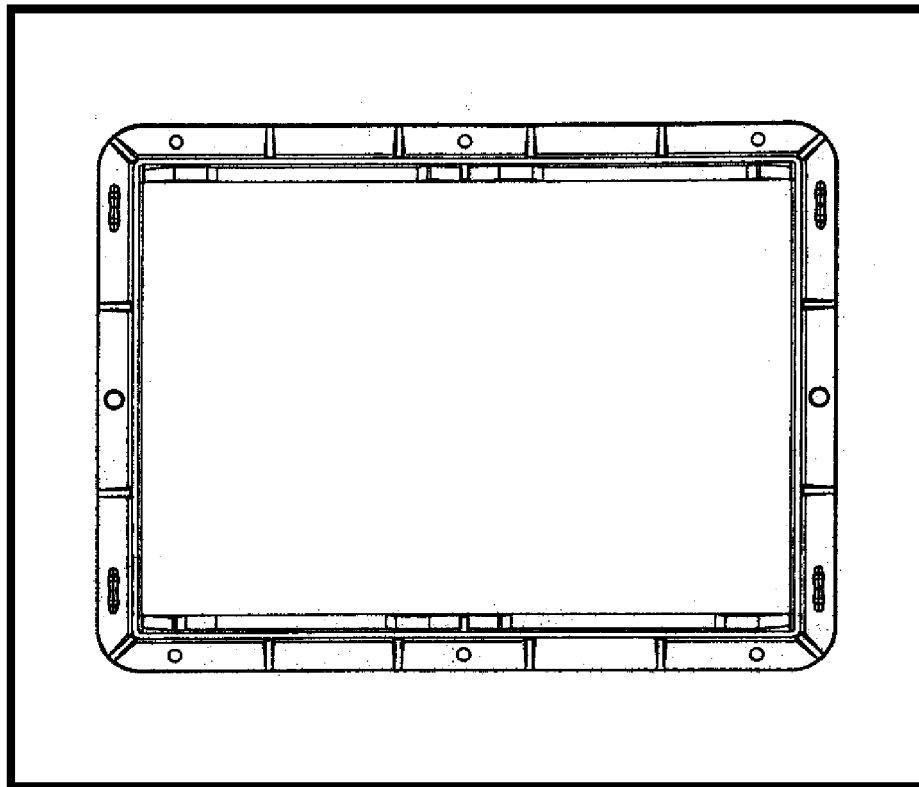


# CLICHAGES PROPOSES (3/3)

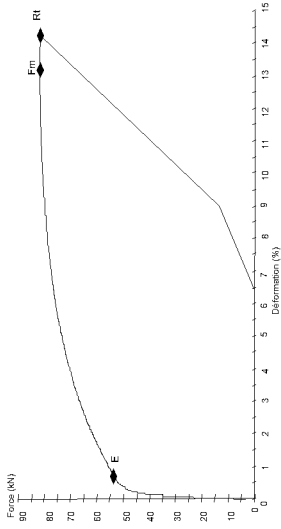
Clichage 5



Clichage 6



Nom du Lot : 25062001.mss  
Eprouvette n° : 1  
Eprouvette marquée : NA

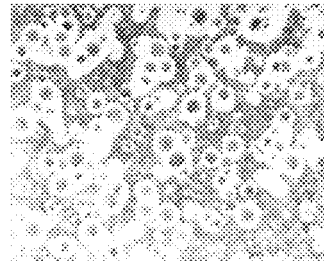
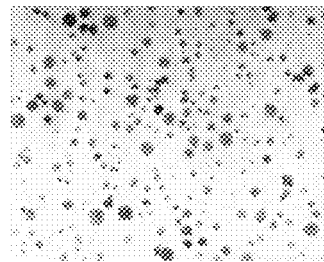


Résultats de l'éprouvette:

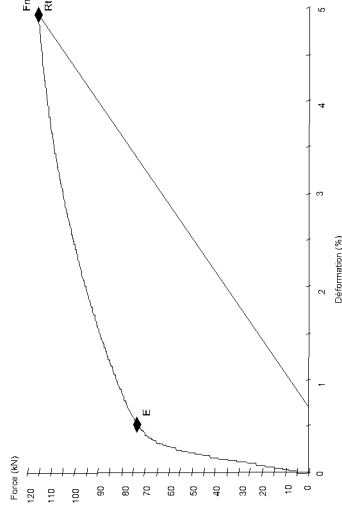
Nom	Valeur	Unité
Nom Opérateur	NA	
Diamètre	14,00mm	
N° barre	1	
heure	15:00	
Fm	81542,1 N	
Rm	529,7 N/mm <sup>2</sup>	
Le	347,83 N/mm <sup>2</sup>	
A %	14,2%	

Analyse micrographique de l'éprouvette:

Structure: G.S. de forme 6 - taux: 100% - Nb de nodules: 200 à 250/mm<sup>2</sup>  
Matrice: environ 50% ferrite - 50% perlite



Nom du Lot : 25062001.mss  
Eprouvette n° : 2  
Eprouvette mar: NA

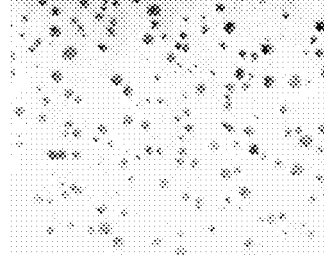
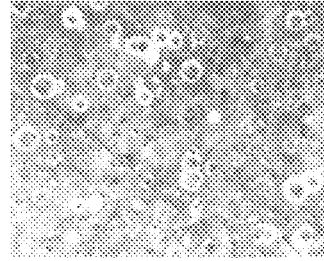


Résultats de l'éprouvette:

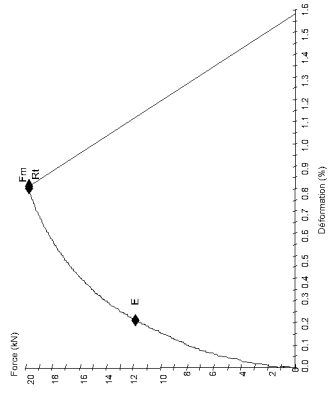
Nom	Valeur	Unité
Nom Opérateur	NA	
Diamètre	13,90mm	
N° barre	2	
heure	21:41	
Fm	115118,8 N	
Rm	759,9 N/mm <sup>2</sup>	
Le	481,24 N/mm <sup>2</sup>	
A %	4,9%	

Analyse micrographique de l'éprouvette:

Structure: G.S. de forme VI - taux: 100% - Nb de nodules: 150 à 200/mm<sup>2</sup>  
Matrice: environ 10% ferrite - 90% perlite (exemple de carbure)



Nom du Lot : 25062001.mss  
Eprouvette n° : 3  
Eprouvette mar: NA



Résultats de l'éprouvette:

Nom	Valeur	Unité
Nom Opérateur	NA	
Diamètre	14,00mm	
N° barre	3	
heure	10:11	
Fm	19737,2 N	
Rm	128,2 N/mm <sup>2</sup>	
Le	76,87 N/mm <sup>2</sup>	
A %	0,8%	

Analyse micrographique de l'éprouvette (r, planches):

Structure: G.L. de forme I - taux: 100%  
Matrice: perlite (>95%) exemple de carbure

